

## LES CHAMPIGNONS AGENTS DE LUTTE BIOLOGIQUE CONTRE LES MAUVAISES HERBES

Guy DURRIEU\* et Siraj HASAN\*\*

\*Laboratoire Botanique et forestier, Université Paul Sabatier -  
Toulouse

\*\*Biological Control Unit CSIRO - Montpellier

**RÉSUMÉ** - Les potentialités présentées par les champignons pathogènes comme agents de lutte contre les mauvaises herbes sont déjà largement prouvées. Le mode d'action des espèces utilisées se situe essentiellement à deux niveaux: - affaiblissement démographique de la population, - baisse de la compétitivité individuelle vis-à-vis des plantes à protéger. Cette lutte se développe actuellement sous deux formes stratégiques différentes, correspondant en fait à des situations bien distinctes. - Ou bien on se trouve en présence d'une plante introduite qui en raison de son origine exotique ne possède pas d'ennemis naturels locaux et envahit des habitats très diversifiés. L'importation d'organismes pathogènes choisis dans son aire d'origine, et se répandant naturellement, ramène le pouvoir concurrentiel de la plante à un niveau acceptable. L'exemple type en est fourni par *Puccinia chondrilla* contre *Chondrilla juncea* en Australie. Les expérimentations sur quelques autres espèces sont d'autre part très avancées. - Ou bien il s'agit d'une plante souvent autochtone, particulièrement favorisée par les méthodes culturales: l'application localisée et massive d'un inoculum local permet sa destruction là où elle est indésirable. Cela a conduit au développement récent d'un certain nombre de "mycoherbicides" tel celui constitué par des spores de *Colletotrichum gloeosporoides* fa. sp. *aeschnomenes*. L'avenir devrait voir le développement de méthodes intégrées combinant l'intervention synergisante de plusieurs agents biologiques, ou d'un agent biologique combiné avec un herbicide. Quant à la production d'organismes modifiés par ingénierie génétique (destruction des phytoalexines, masquage des éliciteurs...) leur emploi relève encore de la prospective à long terme.

**ABSTRACT** - Potentialities of plant parasitic fungi as biological control agents against weeds are actually successfully proved. The efficacy of the involved species acts through two main ways: weakening of the population demography, lowering of individual competitiveness against the cultivated plant. At present, biological control with fungi proceeds along two different strategies according to two well distinct situations: - Either the weed to fight is an introduced species that, according to its exotic origin, has no native enemies and invades a lot of different habitats. Introducing a pathogenic fungus, selected in its area of origin and able to widespread by itself, lowers the weed competitiveness to a tolerable level. A typical example is *Puccinia chondrilla* introduced in Australia to control *Chondrilla juncea*. Tests on some other species are also very advanced. - Either the control concerns a native weed which is expanding owing to tilling methods or to herbicide-resistance. A massive inoculation with a host specific indigenous fungal pathogen allows to kill the weed where its presence is undesirable. This inundative method is achieving with formulation of "mycoherbicides" such as the one based on spores of *Colletotrichum gloeosporioides* fa. *aeschnomenes*. In the future integrated control methods combining the synergic action of several biological agents or of a biological agent with a chemical compound would be improved. About the production of modified organisms by genetic engineering (changes in host specificity by inhibition of phytoalexins or masking of elicitors) it is a matter of longer prospect.

MOTS CLÉS : Lutte biologique, malherbologie, mycoherbicides.

## INTRODUCTION

Les nuisances provoquées par la présence de plantes adventices proviennent essentiellement des effets de compétition exercés au détriment des cultures ou de la végétation jugée utile. Il s'agit donc de supprimer ou de renverser ce pouvoir de compétition à l'avantage de la plante à protéger. Pendant très longtemps les agriculteurs se sont trouvés relativement désarmés devant les mauvaises herbes. Les moyens mis en œuvre étaient le tri des semences et, pendant la période de végétation, l'arrachage et le sarclage.

Ce n'est qu'au début des années 1950 que la lutte chimique par les herbicides a fait son apparition. Depuis, son développement a été tel qu'aujourd'hui les produits de désherbage représentent la plus grosse part de la production phytosanitaire et le premier chapitre budgétaire des agriculteurs pour la défense de leurs cultures. A l'élévation des coûts de production viennent s'ajouter d'autres inconvénients:

- D'abord la phytotoxicité: si les produits mis au point ont fait de très larges progrès du point de vue sécurité d'emploi, leur utilisation reste toujours relativement délicate, on peut vite atteindre les doses toxiques pour la culture. La modification de la flore représente aussi un problème important, certaines adventices ont été très facilement détruites par les herbicides, au point même qu'il est des espèces que l'on peut presque considérer comme éradiquées: le Bleuet (*Centaurea cyanus*) en est un des exemples les plus "visibles".

En revanche d'autres plantes plus résistantes ont pris les places laissées vacantes et la flore des adventices des grandes cultures n'est plus du tout la même qu'il y a moins d'un demi-siècle. Il est donc nécessaire d'ajuster l'arsenal chimique disponible contre ces nouveaux envahisseurs.

Plus grave, on constate l'apparition de génotypes résistants chez des espèces de plus en plus nombreuses, ils peuvent supporter des concentrations 5 ou 6 fois plus élevées que les types sauvages. La première observation semble concerner *Senecio vulgaris* (Ryan, 1970), mais le nombre d'espèces concernées doit aujourd'hui largement dépasser la cinquantaine (Holt & Le Baron, 1989; Itoh & Matsunaka, 1990; De Prado et al., 1989). L'une des méthodes envisagées pour combattre cette adaptation paraît inquiétante. Il s'agit de sélectionner des cultivars hautement résistants à l'herbicide (Shah, 1986), des tolérances à des doses 1000 fois supérieures aux concentrations habituelles ont été obtenues. Ainsi l'utilisation massive du produit éviterait toute adaptation. Outre le fait que la chose n'est pas du tout certaine en raison des décroissances de doses possibles sur les bordures, on peut poser la question du devenir des résidus dans l'environnement. Vient évidemment s'ajouter l'aspect économique de la maîtrise des productions de semences par un petit nombre d'entreprises phytosanitaires et l'augmentation du coût de production intolérable pour les pays les moins développés.

Il paraît donc indispensable de rechercher de nouvelles solutions, la lutte biologique est une des possibilités. Même si l'action des antagonistes naturels ne détruit pas complètement la mauvaise herbe, elle peut ramener les effets de celle-ci à un niveau économiquement tolérable.

L'action parasitaire d'un champignon peut bien souvent par son action dépressive réaliser cette opération. Par exemple, du blé cultivé pendant 2 mois

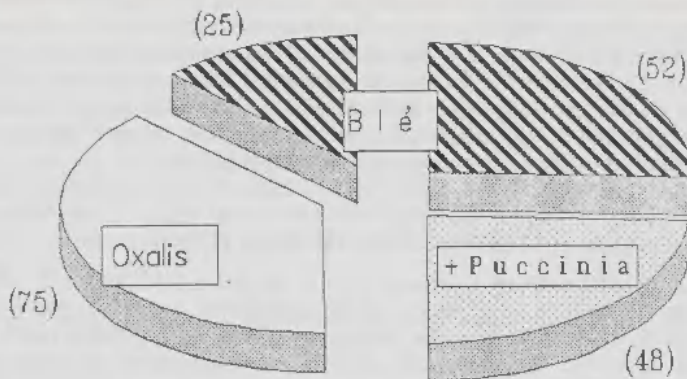


Fig. 1: Biomasse produite (en %) par deux plantes cultivées en compétition, blé (*Triticum aestivum*) et *Oxalis* sp. À gauche, l'*Oxalis* est sain, à droite (pointillé) il est parasité par *Puccinia oxalidis*.

Fig. 1: Biomass production by two plants grown in competition, wheat (*Triticum aestivum*) and *Oxalis* sp. Left: *Oxalis* healthy, right: *Oxalis* parasited by *Puccinia oxalidis*.

en concurrence avec un *Oxalis* produit une biomasse supérieure de près de 50% si ce dernier est attaqué par sa rouille *Puccinia oxalidis* (fig. 1).

Les problèmes posés proviennent d'un déséquilibre dans le fonctionnement des communautés végétales qui peuvent correspondre à deux types de situations, qui d'ailleurs ne s'excluent pas:

- Soit on est en présence d'une plante indigène (ou que l'on peut considérer comme telle à la suite d'une naturalisation ancienne). Elle peut se révéler très gênante dans certaines cultures, car les pratiques agricoles appliquées lui sont particulièrement favorables, autant, sinon plus qu'à la plante cultivée. L'action normale de ses ennemis naturels est insuffisante pour limiter son extension et sa multiplication.

Ce sont le plus souvent des espèces annuelles dont le cycle végétatif se calque sur celui de la plante cultivée comme:

- *Stellaria media*, *Sherardia arvensis*, *Anagallis arvensis* ou *Senecio vulgaris* en horticulture,

- *Matricaria inodora*, *Papaver rhaeas*, *Lolium perenne*, *Avena fatua* dans les céréales,

- *Setaria glauca*, *Panicum miliaceum*, *Echinochloa crus-galli* dans le maïs...

Plus rarement ce sont des plantes pérennes à rhizome profond comme *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* ou *Equisetum telmateia*.

- Soit il s'agit d'une plante exotique, introduite dans une région dont le climat lui convient, sans parasites ou prédateurs locaux. Elle prend une extension considérable dans les peuplements naturels et aussi très souvent dans les cultures.

Si nous n'avons pas de cas dramatiques chez nous (*Erigeron canadensis* ou plus récent, *Senecio harveyanus* ne sont pas très gênants), on a pu assister en revanche dans d'autres régions du globe à des invasions massives. *Lantana camara* ou *Eichornia crassipes* dans certaines zones tropicales, *Hypericum perforatum* ou *Chondrilla juncea* en Australie et dans l'Ouest américain, posent de sérieux problèmes. A tel point que ce sont ces plantes là qui ont les premières fait l'objet de programmes de lutte biologique.

### MÉTHODES INTRODUCTIVES

Les précurseurs en la matière sont les Néo-Zélandais qui, dès 1916, tentèrent de combattre le chardon *Cirsium arvense* avec la rouille *Puccinia punctiformis*. Elle provoque des infections systémiques ayant pour effet de stériliser et dessécher les pousses et d'épuiser les rhizomes. Son action paraît donc particulièrement intéressante puisqu'elle agit à la fois sur l'appareil végétatif, et réduit donc son pouvoir de compétition, et sur la multiplication: suppression de la production de graine, élimination progressive des rhizomes.

Malheureusement ce tableau idéal est gaché du fait du faible taux d'infections systémiques naturelles: l'installation du champignon doit se faire pour cela au stade plantules d'où son efficacité limitée.

En revanche le modèle d'un programme réussi est celui de l'introduction en Australie de *Puccinia chondrillina* pour lutter contre *Chondrilla juncea*. Cette composée originaire de la région méditerranéenne, où elle est parfaitement inoffensive grâce à la présence de divers ennemis naturels (Wapshere et al., 1974, 1976), a envahi le Sud-Est australien avec un remarquable succès puisque dans certains cas sa densité pouvait atteindre plusieurs centaines d'individus au mètre carré.

Des observations dans la région méditerranéenne et des expérimentations réalisées dans le Sud de la France (Hasan & Wapshere, 1973; Wapshere et al., 1974, 1976) ont montré que la rouille *Puccinia chondrillina* avait un effet dépressif très marqué sur la population de la plante sous des conditions climatiques tout à fait comparables à celle de l'Australie.

Après contrôle de sa stricte spécificité (Hasan, 1972), son introduction en 1971 s'est révélée remarquablement réussie. En moins d'un an, à partir d'un unique point d'introduction, le champignon s'était répandu sur toute l'aire australienne de la plante (Hasan, 1974; Cullen et al., 1973). Réduisant de façon drastique les populations de l'adventice, c'était des millions de dollars d'économie pour les fermiers australiens (Cullen, 1985).

Cependant le problème n'était pas entièrement résolu. *Chondrilla juncea* est en effet une plante apomictique. Elle est présente en Australie sous trois formes (clones) différentes: l'une à feuilles étroites était très largement dominante, les deux autres à feuilles larges et feuilles intermédiaires plus rares. C'est la première qui fut testée pour sa sensibilité au parasite, la souche de *Puccinia* introduite se révéla non virulente pour les deux autres, d'où une évolution très rapide dans la composition des populations de *Chondrilla* (tableau 1).

Il fut rapidement remédié au problème par la sélection et l'importation de deux autres souches du champignon (Hasan, 1984). L'invasion du *Chondrilla* n'est plus qu'un mauvais souvenir (tableau 2).

Il semble qu'il en soit de même dans le Nord-Ouest américain (Adams & Line, 1984; Supkoff et al., 1988) où l'installation du parasite a pu se réaliser

d'une façon différente. En effet dans ces régions en raison d'hivers relativement rigoureux (moyenne de janvier au Washington - 5°C), ce sont les téliospores de la rouille qui réalisent la phase de conservation, et c'est leur germination avec production de basidiospores haploïdes qui assure le nouveau départ des infections. Ainsi les possibilités de recombinaisons génétiques ont permis au champignon de s'adapter aux divers clones de *Chondrilla*. Cela n'a pas été le cas en Australie, ou en raison de la douceur des hivers, les urédospores assurent le maintien, uniquement par multiplication végétative. Tandis que les téliospores sans période froide pour lever leur dormance, ne peuvent jouer qu'un rôle négligeable si ce n'est nul. Les possibilités d'adaptation génétique de la rouille sont donc inexistantes.

Tableau 1: Evolution dans la composition des populations australiennes de *Chondrilla juncea* après la première introduction de *Puccinia chondrillina*. (E: type à feuilles étroites, M: à feuilles intermédiaires, L: à feuilles larges).

Table 1: Changes in Australian populations of *Chondrilla juncea* after the first introduction of *Puccinia chondrilla* (E: narrow leaved biotype, M: intermediate, L: broad leaved).

Types	1968			1980		
	E	M	L	E	M	L
Stations						
1	98%	0	2%	5	90	5
2	67%	30	3%	3	78	19
3	62%	24	14%	3	80	17
4	51%	10	39%	8	10	82

Tableau 2: Déclin des densités de *Chondrilla juncea* dans 4 régions d'infestation massive dans le S.E. de l'Australie (Hassan & Ayres, 1990).

Table 2: Decline in density of *Chondrilla juncea* in the 4 major infested regions of S.E. Australia.

	Canberra	Wagga	Mallee	Tamworth
1971	233 pieds/m <sup>2</sup>	173	225	40
1975	59	51	87	0
1979	23	6	12	1
1983	6	3	27	
1986	2	1	16	0

Un autre exemple de succès dans l'utilisation d'une rouille est celui de l'introduction au Chili de *Phragmidium violaceum* pour combattre les ronces de provenance européenne (Oehrens & Gonzales, 1977). Cette espèce vient d'être aussi amenée en Australie.

Ainsi existe-t-il actuellement toute une série de travaux, à des stades divers d'avancement sur l'utilisation d'autres parasites, suivant des méthodes identiques:

- *Puccinia barbeyi* contre *Asphodelus fistulosus* (Australie)
- *Uromyces heliotropii* et *Cercospora heliotropii-bocconi* contre *Heliotropium europaeum* (Australie)
- *Cercospora ageratina* contre *Eupatorium riparium* (Hawaï)

- *Puccinia jaceae* contre *Centaurea diffusa* (Amérique du Nord)
- *Puccinia carduorum* contre *Carduus pycnocephalus* et *Carduus tenuiflorus* (Amérique du Nord et Australie)

### MÉTHODES INONDATIVES

Mais comme nous l'avons déjà indiqué, on peut se trouver confronté à des problèmes radicalement différents: ceux posés par des plantes indigènes qui deviennent envahissantes pour certaines cultures.

On peut imaginer d'essayer d'avoir recours à des parasites exotiques vivants sur des espèces voisines, et pour lesquels ces nouveaux hôtes ne présenteraient pas de résistance.

Cette voie, à ma connaissance, n'a pas été explorée. Les recherches et les applications se sont orientées vers une autre direction, par l'utilisation de méthodes inondatives et ont débouché sur la mise au point de "mycoherbicides".

La première tentative dans le domaine a été réalisée semble-t-il, par des forestiers américains. Ils ont inoculé un parasite indigène: *Ceratocystis fagacearum* pour éliminer des chênes de faible intérêt forestier qui concurrencent le développement des peuplements de *Pinus banksiana* dans le centre du Minnesota (French & Schroeder, 1969). Cet agent biologique de débroussaillage s'est révélé d'une efficacité supérieure aux agents chimiques avec un coût d'application inférieur.

Mais les utilisations les plus spectaculaires, concernent la lutte contre les adventices de culture. Il s'agit de répandre en grande quantité des suspensions de spores d'un parasite hautement virulent et spécifique sur les cultures envahies par la plante indésirable. Les infestations massives obtenues ont un effet fortement dépressif sur l'adventice. La première application mise au point a été obtenue avec la Melanconiale *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschyromenes*, pour combattre *Aeschynomene virginica*. C'est une légumineuse envahissante dans les champs de riz et de soja dans le bassin du Mississipi. Ce sont deux situations où l'emploi d'herbicides chimiques est délicate. Champs immergés d'une part, proche parenté entre la culture et l'adventice de l'autre. La pulvérisation de suspensions de spores sur les plantes à éliminer se révèle particulièrement efficace: le taux de mortalité peut atteindre 98%, et se maintient à une moyenne de 85% (Daniel et al., 1973; Smith & Shaw, 1966).

Le champignon est commercialisé sous l'appellation "Collego". Il s'agit là d'une stratégie de lutte profondément différente de la première décrite, que l'on pourrait qualifier de classique. Elle nécessite a priori des recherches préliminaires sur le choix de l'agent moins complexes que dans le cas d'introductions. En revanche d'autres problèmes se posent: culture du champignon pour la production en masse des propagules, conservation de ces propagules, spécification des agents dispersant, mouillant, support de la préparation commerciale. Ces derniers, par un choix judicieux peuvent augmenter très notablement l'efficacité du champignon. Amsellem et al. (1990), ont montré avec *Alternaria cassiae* qu'il fallait atteindre un seuil d'au moins 20 conidies par gouttelette d'eau pure pulvérisée pour obtenir des infections sur *Cassia obtusifolia*. Si la suspension de spores est réalisée dans une émulsion huiles-lecthine l'efficacité est maximale dès lors qu'il y a une spore par gouttelette.

Depuis le "Collego" un certain nombre d'autres champignons ont été mis en oeuvre de la même façon. On peut citer pour l'Amérique du Nord:

- le "Devine", souche de *Phytophthora palmivora* spécifique du *Morrenia odorata*, Asclepiadacée lianescente qui envahit les vergers d'agrumes en Floride.
- le "Cassi", *Alternaria cassiae* dirigé contre *Cassia* sp., principalement dans les cultures de coton.
- le "Luboa", *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cuscutae*.
- le "Velgo", *Colletotrichum coccodes* contre *Abutilon theophrasti* dans les maïs et soja (maïs ne peut être utilisé dans les champs de coton, celui-ci étant un hôte potentiel).
- Il faut également citer l'utilisation en Hollande du Basidiomycète *Chondrostereum purpureum* pour enrayer la multiplication du *Prunus serotina*: 90% des souches sont détruites après avoir été infectées par des éléments mycéliens. Il ne paraît pas y avoir de danger de diffusion du parasite vers les vergers (Scheepens & Hoogerbrugge, 1989).

### PERSPECTIVES

Si de nombreuses recherches sont en cours pour tester les potentialités de divers champignons, il faut aussi se rendre compte que tous les problèmes ne pourront être réglés par l'utilisation d'un seul antagoniste. Et la notion de lutte intégrée, combinant l'action de plusieurs facteurs peut souvent être d'une grande efficacité. La combinaison peut d'ailleurs concerner d'autres champignons, des insectes ou bactéries, ou des herbicides.

L'idée d'associer plusieurs champignons vient d'un certain nombre d'observations montrant que l'attaque d'un parasite, comme une rouille, peut ouvrir la voie à un nécrotrophe, comme *Botrytis cinerea*. Alors que les dégâts occasionnés par le premier seront faibles, l'action du second peut conduire à la destruction de la plante (voir Hasan & Ayres, 1990 pour divers cas).

L'utilisation simultanée d'un parasite et d'un herbicide chimique peut donner aussi des résultats tout à fait intéressants. Par exemple pour *Cassia obtusifolia*, Quimby & Boyette (1986) ont montré que *Alternaria cassiae* inoculé au premier stade foliaire élimine 58% des plantes, tandis que l'Imazaquine diminue leur poids sec de 32% sans les tuer. Mais les deux agents combinés réduisent la population de 96%.

Enfin peut-on envisager de modifier les organismes utilisés pour améliorer leur efficacité ? Les méthodes d'ingénierie génétique permettent de penser à diverses voies possibles:

- augmenter le pouvoir pathogène des agents utilisés en leur permettant de produire des enzymes détruisant les parois cellulaires ou neutralisant les phytoalexines ou bien encore en leur conférant des propriétés toxigènes.
- obtenir des souches d'organismes nécrotrophes rendues spécifiques pour une plante donnée: Miller et al. (1987) ont produit ainsi des *Sclerotinia sclerotiorum* spécifiques.

Mais tout cela est encore essentiellement du domaine de la prospective et fort loin du domaine d'application.

## CONCLUSION

Il est certain que longtemps encore les agriculteurs auront besoin des herbicides. La lutte biologique à elle seule n'est pas capable de résoudre tous les problèmes de la malherbologie.

Mais il est tout aussi certain qu'elle mériterait plus de soutiens qu'elle n'en reçoit actuellement. Les avantages retirés seraient multiples:

- solution de certains problèmes de résistance sans avoir à augmenter les doses et donc moindres coûts pour l'agriculteur,
- respect accru de l'environnement naturel et humain,
- diminution des doses de résidus dans l'alimentation.

Enfin il est certain aussi que dans le cas des espèces envahissantes, en particulier dans les régions tropicales, la lutte biologique représente le seul moyen efficace de venir à bout du problème.

## BIBLIOGRAPHIE

- ADAMS E.B. and LINE R.F., 1984 - Epidemiology and host morphology in the parasitism of rush skeletonweed by *Puccinia chondrillina*. *Phytopathology* 74: 745-748.
- AMSEI I.F.M. Z., SHARON A., GRESSLI J. and QUIMBY P.C., 1990 - Complete abolition of high inoculum threshold of two mycoherbicides (*Alternaria crassa* and *Alternaria cassiae*) when applied in invert emulsion. *Phytopathology* 80: 925-929.
- CULLEN J.M., KABIE P.F. and CATT M., 1973 - Epidemic spread of a rust imported for biological control. *Nature* 244: 462-464.
- CULLEN J.M., 1985 - Bringing the cost benefit analysis of biological control of *Chondrilla juncea* up to date. Proceed. 6th. intern. Symp. Biological control weeds: 145-152. Agriculture Canada.
- DANIEL J.T., TEMPLETON G.E., SMITH R.J. and FOX W.T., 1973 - Biological control of northern jointvetch in rice with ■ endemic fungal disease. *Weed Sci.* 21: 303-307.
- DE PRADO R., DOMINGUEZ C. and TENA M., 1989 - Characterization of Triazine-resistant biotypes of common lambsquarters (*Chenopodium album*) hairy fleabane (*Conyza bonariensis*) and yellow foxtail (*Setaria glauca*) found in Spain. *Weed Sci.* 37: 1-4.
- FRENCH I.W. and SCHROEDER D.B., 1969 - The oak wilt fungus *Ceratocystis fagacearum* as ■ selective silvicide. *Forest Sci.* 15: 198.
- HASAN S., 1972 - Specificity and host specialisation of *Puccinia chondrillina*. *Ann. Appl. Biol.* 72: 257-263.
- HASAN S. and WAPSHERE A.J., 1973 - The biology of *Puccinia chondrilla*, a potential biological control agent of skeleton weed. *Ann. Appl. Biol.* 74: 325-332.
- HASAN S., 1974 - First introduction of a rust fungus in Australia for the Biological control of skeleton weed. *Phytopathology* 64: 253-254.
- HASAN S., 1984 - Recherche de souches virulentes de *Puccinia chondrillina* pour la lutte biologique contre la mauvaise herbe *Chondrilla juncea*. 26<sup>e</sup> colloque S.F.P., *Les Colloques de l'INRA* 26: 167-171.
- HASAN S. and AYRES P.G., 1990 - The control of weeds through fungi: principles and prospects. *New Phytol.* 115: 201-222.



- HOLT J.S. and LE BARON H.M., 1989 - Significance and worldwide distribution of herbicide resistance. *Abstr. Weed Sci. Soc. Amer.* 131.
- ITOH K. and MATSUNAKA S., 1990 - Parapatric differentiation of paraquat resistant biotypes in some compositae species. In: S. KAWANO, *Biological approaches and evolutionary trends in plants*. Acad. Press. 33-49.
- MILLER R.V., FORD E.J. and SANDS D.C., 1987 - Reduced host range mutants of *Sclerotinia sclerotiorum*. *Phytopathology* 77: 1695.
- OEHRENS E.B. and GONZALES S.M., 1977 - Dispersion, ciclo biológico y danos causados por *Phragmidium violaceum* en zarzamora. *Agro Sur (Chili)* 5: 73-85.
- QUIMBY P.C. and BOYEITE C.D., 1986 - *Alternaria cassiae* can be integrated with selected herbicides. *Weed Sci. Soc. Amer.* 26: 52.
- RYAN G.F., 1970 - Resistance of common groundsel to simazine and atrazine. *Weed Sci.* 18: 614-616.
- SCHELPENS P.L. and HOOGER BRUGE A., 1989 - Control of *Prunus serotina* in forests with the endemic fungus *Chondrostereum purpureum*. Proc. 7th. Intern. Symp. Biological Control of Weeds, Rome: 545-552.
- SHAH D.M., 1986 - Engineering herbicide tolerance in transgenic plants. *Science* 233: 478-481.
- SMITH R.J. and SHAW W.C., 1966 - Weeds and their control in Rice production. *Agricultural Handbook* n° 292. U.S.D.A.
- SUPKOFF D.M., JOLEY D.B. and MAROIS J.J., 1988 - Effect of introduced biological control organisms on the density of *Chondrilla juncea* in California. *J. Appl. Ecol.* 25: 1089-1095.
- WAPSHIRE A.J., HASAN S., WAHBA W.K. and CARESCHE L., 1974 - The ecology of *Chondrilla juncea* in the western Mediterranean. *J. Appl. Ecol.* 11: 783-800.
- WAPSHIRE A.P., CARESCHE L. and HASAN S., 1976 - The ecology of *Chondrilla juncea* in the eastern Mediterranean. *J. Appl. Ecol.* 13: 545-553.